

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

18.08.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 8月19日

REC'D 07 OCT 2004

出願番号 Application Number: 特願2003-295705

WIPO PCT

[ST. 10/C]: [JP2003-295705]

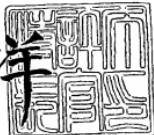
出願人 Applicant(s): 松下電器産業株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月24日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川洋



**【書類名】** 特許願  
**【整理番号】** 2033750145  
**【提出日】** 平成15年 8月19日  
**【あて先】** 特許庁長官殿  
**【国際特許分類】** H01M 8/00  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006番地 松下電器産業株式会社内  
 【氏名】 中村 彰成  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006番地 松下電器産業株式会社内  
 【氏名】 尾関 正高  
**【発明者】**  
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006番地 松下電器産業株式会社内  
 【氏名】 田中 良和  
**【特許出願人】**  
 【識別番号】 000005821  
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
**【代理人】**  
 【識別番号】 100092794  
 【弁理士】  
 【氏名又は名称】 松田 正道  
 【電話番号】 06-6397-2840  
**【手数料の表示】**  
 【予納台帳番号】 009896  
 【納付金額】 21,000円  
**【提出物件の目録】**  
 【物件名】 特許請求の範囲 1  
 【物件名】 明細書 1  
 【物件名】 図面 1  
 【物件名】 要約書 1  
 【包括委任状番号】 9006027

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、前記改質器で生成される前記燃料ガスの流量を検出する燃料ガス流量検出手段と、前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスの流量と、前記検出された燃料ガスの流量とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システム。

## 【請求項 2】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、前記燃料ガスの流路の所定の 2 点におけるそれぞれの前記燃料ガスの圧力の差を検出する差圧検出手段と、前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスによる前記所定の 2 点間の圧力の差と、前記所定の 2 点間の前記燃料ガスの前記圧力の差とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システム。

## 【請求項 3】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、前記燃料ガスの水蒸気濃度を検出する水蒸気濃度検出手段と、前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスに含まれる水蒸気濃度と、前記検出された水蒸気濃度とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システム。

## 【請求項 4】

前記水蒸気濃度検出手段は、前記燃料ガスの流路を通流する前記燃料ガスの露点を検出することによって前記水蒸気濃度を導出する、請求項 3 に記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 5】

前記水蒸気濃度検出手段は、前記燃料ガスの流路を通流する前記燃料ガスの相対湿度を検出することによって前記水蒸気濃度を導出する、請求項 3 に記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 6】

前記水蒸気流量検出手段の代わりに、前記改質器に供給される前記水蒸気を生成するために供給する水の量を測定する水用流量計とし、

前記劣化度検出手段は、前記水蒸気の流量の代わりに、前記水用流量計で測定した前記供給する水の量に基づいて前記改質器の劣化度を算出する、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 7】

さらに、前記改質器の前記劣化度と発電時間から劣化度低下速度を求め、前記燃料電池での発電が可能な前記改質器の劣化度の下限値に至るまでの期間を算出する寿命診断手段を備えた、請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の燃料電池発電システム。

## 【請求項 8】

前記劣化度検出手段は、前記改質器の前記劣化度としてメタン転化率を用いる、請求項  
出証特 2004-3085773

1乃至7のいずれかに記載の燃料電池発電システム。

【請求項9】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記改質器で生成される前記燃料ガスの流量を測定するステップと、  
前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスの流量と、前記改質器で生成される燃料ガスの流量とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法。

【請求項10】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記燃料ガスの流路の所定の2点におけるそれぞれの前記燃料ガスの圧力の差を測定するステップと、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスによる前記所定の2点間の圧力の差と、前記所定の2点間の前記燃料ガスの前記圧力の差とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法。

【請求項11】

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記改質器で生成される前記燃料ガスの水蒸気濃度を測定するステップと、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスに含まれる水蒸気濃度と、前記改質器で生成される水蒸気濃度とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法。

【請求項12】

請求項1乃至8のいずれかに記載の燃料電池発電システムの、

改質器の劣化度を算出する手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

【請求項13】

請求項12に記載のプログラムを担持した記録媒体であって、コンピュータで利用可能な記録媒体。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出方法

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、燃料電池を用いて発電を行う、燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の燃料電池発電システムには、改質ガスの温度を測定することにより改質器の劣化診断を行なうものがあった（例えば、特許文献1参照）。図9は、特許文献1に記載された従来の燃料電池発電システムを示すものである。

## 【0003】

図9において、原燃料としての都市ガスは遮断弁6を開けることにより脱硫器5に供給され、触媒劣化要因の腐臭成分が除去される。腐臭成分を除去された都市ガスは、改質用の水蒸気と混合され、改質器2で水素リッチな改質ガスが生成される。生成された改質ガス中には触媒劣化要因となる一酸化炭素が10～15%含まれるが、変成器4で一酸化炭素を二酸化炭素に変換させた後、一酸化炭素を低減した燃料ガスとして燃料電池1に供給される。

## 【0004】

燃料電池1では、水素リッチな燃料ガスと空気中の酸素を反応させることにより発電を行う。燃料電池発電システムの起動時には遮断弁7を開け、バーナ3で都市ガスを燃焼することにより改質器2を昇温する。起動時以外は遮断弁7を閉め、燃料電池1から排出される排気燃料ガスをバーナ3で燃焼することにより改質器2の温度維持（最大700°C程度）を行なう。

## 【0005】

そして、改質器2内部の改質ガス温度を温度センサ9で測定し、測定した改質ガス温度を用いて劣化診断部10で改質器2の劣化状態を診断している。

【特許文献1】特開2000-268840号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

しかしながら、上記の従来の燃料電池発電システムでは、改質器2の劣化状態を診断する手段として改質ガス温度を用いているが、これには以下のようないくつかの課題がある。

## 【0007】

具体的には、特許文献1に記載された図9の燃料電池発電システムは200kWリソウ形燃料電池発電システムである。このような出力規模のリソウ形燃料電池発電システムでは、通常、その出力（200kW）での一定出力発電を行なう。このように出力が大きい場合には、改質器2で生成する改質ガス量および改質器2の改質ガス温度は多少変動しても許容できる。

## 【0008】

しかし、出力規模が1kW程度の小型の燃料電池発電システムや出力変動を行なう家庭用の燃料電池発電システムにおいては、改質器の温度維持に対する温度制御は、より精度よく行なわなければならない。その理由は、出力規模が1kW程度のシステムでは、改質器の大きさが特許文献1に記載された改質器2のそれと比較すると非常に小さいために、改質器は温度変動の影響を受けやすいからである。また、出力変動を行なうシステムについても、出力変動による都市ガス供給量と改質用の水蒸気量の変動により温度変動を受けやすいことが挙げられる。

## 【0009】

そのため、出力規模が1kW程度の小型の燃料電池発電システムや出力変動を行なう家庭用の燃料電池発電システムにおいては、改質ガスの温度を一定温度に制御することで一

定のメタン転化率の下で改質反応を行わせるために、安定した燃料ガス供給を行う必要がある。すなわち、このような燃料電池発電システムでは、改質ガスの温度を一定温度に制御するため、改質ガス温度を用いて改質器の劣化状態を診断することは非常に困難である。

【0010】

本発明は、上述した課題を考慮して、改質ガス温度を一定温度に制御しながら改質器の劣化検出を行える、燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述した課題を解決するために、第1の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、

前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、

前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、

前記改質器で生成される前記燃料ガスの流量を検出する燃料ガス流量検出手段と、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスの流量と、前記検出された燃料ガスの流量とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システムである。

【0012】

第2の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、

前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、

前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、

前記燃料ガスの流路の所定の2点におけるそれぞれの前記燃料ガスの圧力の差を検出する差圧検出手段と、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスによる前記所定の2点間の圧力の差と、前記所定の2点間の前記燃料ガスの前記圧力の差とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システムである。

【0013】

第3の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器と、

前記燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池と、

前記改質器に供給される前記原料の流量を検出する原料流量検出手段と、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段と、

前記燃料ガスの水蒸気濃度を検出する水蒸気濃度検出手段と、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスに含まれる水蒸気濃度と、前記検出された水蒸気濃度とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段とを備えた燃料電池発電システムである。

【0014】

第4の本発明は、

前記水蒸気濃度検出手段は、前記燃料ガスの流路を通流する前記燃料ガスの露点を検出することによって前記水蒸気濃度を導出する、第3の本発明の燃料電池発電システムである。

【0015】

第5の本発明は、

前記水蒸気濃度検出手段は、前記燃料ガスの流路を通流する前記燃料ガスの相対湿度を検出することによって前記水蒸気濃度を導出する、第3の本発明の燃料電池発電システムである。

【0016】

第6の本発明は、

前記水蒸気流量検出手段の代わりに、前記改質器に供給される前記水蒸気を生成するために供給する水の量を測定する水用流量計とし、

前記劣化度検出手段は、前記水蒸気の流量の代わりに、前記水用流量計で測定した前記供給する水の量に基づいて前記改質器の劣化度を算出する、第1乃至第5のいずれかの本発明の燃料電池発電システムである。

【0017】

第7の本発明は、

さらに、前記改質器の前記劣化度と発電時間から劣化度低下速度を求める、前記燃料電池での発電が可能な前記改質器の劣化度の下限値に至るまでの期間を算出する寿命診断手段を備えた、第1乃至第6のいずれかの本発明の燃料電池発電システムである。

【0018】

第8の本発明は、

前記劣化度検出手段は、前記改質器の前記劣化度としてメタン転化率を用いる、第1乃至第7のいずれかの本発明の燃料電池発電システムである。

【0019】

第9の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記改質器で生成される前記燃料ガスの流量を測定するステップと、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスの流量と、前記検出された燃料ガスの流量とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法である。

【0020】

第10の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記燃料ガスの流路の所定の2点におけるそれぞれの前記燃料ガスの圧力の差を測定するステップと、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスによる前記所定の2点間の圧力の差と、前記所定の2点間の前記燃料ガスの前記圧力の差とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法である。

【0021】

第11の本発明は、

原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器に供給される前記原料の流量を測定するステップと、

前記改質器に供給される前記水蒸気の流量を測定するステップと、

前記改質器で生成される前記燃料ガスの水蒸気濃度を測定するステップと、

前記原料の流量および前記水蒸気の流量から決まる、前記改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスに含まれる水蒸気濃度と、前記検出された水蒸気濃度とを比較することにより、前記改質器の劣化度を算出するステップとを備えた、燃料電池発電システムの改質器の劣化度検出方法である。

## 【0022】

第12の本発明は、

第1乃至第8のいずれかの本発明の燃料電池発電システムの、改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムである。

## 【0023】

第13の本発明は、

第12の本発明のプログラムを担持した記録媒体であって、コンピュータで利用可能な記録媒体である。

## 【発明の効果】

## 【0024】

本発明により、改質ガス温度を一定温度に制御しながら改質器の劣化度検出手段を行える、燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出手段を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0025】

以下に本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。

## 【0026】

## (実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る燃料電池発電システムを示す構成図である。なお、図1の点線で示す矢印は、検出した信号の流れを示している。

## 【0027】

本実施の形態1における燃料電池発電システムは、燃料ガスと酸化剤ガスを用いて発電を行う燃料電池11を備えている。また、原料ガスである都市ガスを水蒸気改質することにより水素リッチな燃料ガスを生成する改質器12を備えている。また、燃焼ガスとしての都市ガスまたは燃料電池11から排出される排気燃料ガスを燃焼することにより改質器12の温度維持を行なうバーナ13を備えている。また、改質器12で生成される燃料ガスに含まれる一酸化炭素を低減させる一酸化炭素除去器14と、都市ガスに含まれる腐臭成分を除去する脱硫器15を備えている。また、原料ガスおよび燃焼ガスの供給/遮断を行なう遮断弁16および遮断弁17を備えている。また、原料ガスの流量を制御する流量制御弁18を備えている。また、原料ガスの流量を検出する原料ガス流量計19と、改質器12に供給される水蒸気の流量を検出する水蒸気流量計20と、改質器12出口の燃料ガスの流量を検出する燃料ガス流量計21を備えている。また、原料ガス流量計19、水蒸気流量計20および燃料ガス流量計21からの信号を受けて改質器12の劣化度を検出する劣化度検出部22を備えている。

## 【0028】

なお、原料ガス、原料ガス流量計19、水蒸気流量計20、燃料ガス流量計21、劣化度検出部22は、それぞれ本発明の、原料、原料流量検出手段、水蒸気流量検出手段、燃料ガス流量検出手段、劣化度検出手段としての具体的な一例である。また、一酸化炭素除去器14としては、水蒸気によりシフト反応を行なう変成器と酸素により酸化反応をさせることで一酸化炭素を選択酸化器のいずれか一方、もしくは両方が考えられる。

## 【0029】

次に、本実施の形態1における燃料電池発電システムの動作について説明する。

## 【0030】

システム外部から供給された原料ガスとしての都市ガスは、脱硫器15で腐臭成分が除去された後、水蒸気とともに改質器12に供給される。そして、原料ガスは、改質器12で水蒸気改質され、さらに一酸化炭素除去器14で一酸化炭素濃度が低減されて、水素リッチな燃料ガスとして燃料電池11に供給される。

## 【0031】

一方、燃料電池11には酸化剤ガスとしての反応空気が供給されており、燃料ガスと反応空気が電気化学的に反応して発電を行なう。この燃料電池11で発生した直流電流は

、インバータ（図示せず）で交流電力に変換された後、外部負荷へ供給される。また、燃料電池11で発電に使用されなかつた水素を含む排気燃料ガスは、バーナ13に供給され、改質器12を加熱する燃料として使用される。なお、燃料電池発電システムの起動時には、遮断弁17を開けて都市ガスをバーナ13で燃焼させ、改質器12を昇温する。また、供給される原料ガス流量は流量制御弁18で制御される。

## 【0032】

次に、改質器12の劣化度の検出動作について、図1と図5を用いて説明する。図5は、改質器12の劣化度を検出する際の運転方法を示すフローチャートである。

## 【0033】

まず、原料ガスの流量を原料ガス流量計19で検出する（ステップS1）。次に、改質用水蒸気の流量を水蒸気流量計20で検出する（ステップS2）。さらに、改質器12により生成される燃料ガスの流量を燃料ガス流量計21で検出する（ステップS3）。劣化度検出部22は、これらの各流量検出信号を受信し、検出された原料ガス流量と水蒸気流量から改質器12におけるメタン転化率と燃料ガス所定流量の関係を算出する。そして、劣化度検出部22は、この算出したメタン転化率と燃料ガス所定流量の関係と、実際に検出された燃料ガス流量とを比較する（ステップS4）。これによって得られる改質器12におけるメタン転化率の低下割合から、改質器12の劣化度を算出する（ステップS5）。

## ○ 【0034】

本実施の形態1の燃料電池発電システムの改質器12における劣化度の算出動作の原理は次のとおりである。

## 【0035】

改質器12では、（化1）に示す改質反応によりメタンから水素が生成される。

## 【0036】

## 【化1】



メタン転化率が100%の場合、1NL/minのメタンと2NL/minの水蒸気から、4NL/minの水素と1NL/minの二酸化炭素が生成される。つまり、全体の流量は3NL/minから5NL/minに増加する。

## 【0037】

また、メタン転化率が50%の場合、1NL/minのメタンと2NL/minの水蒸気から、2NL/minの水素と0.5NL/minの二酸化炭素が生成され、0.5NL/minのメタンと1NL/minの水蒸気が残る。この場合には、全体の流量は3NL/minから4NL/minに増加する。

## 【0038】

本実施の形態1の改質器12における劣化度の検出動作は、このようにメタン転化率の変化によって、同じ組成のインプット流量に対するアウトプット流量が変化することを利用している。当然、原料ガスとしての都市ガスには、メタンのほかにエタン、ブタン、ブロパン等も含まれるが、メタン以外についても同様のことが言える。また、もちろん、改質器12には（化1）の理論比以上に水蒸気を供給するが、そのことも考慮して算出し比較する。

## 【0039】

すなわち、本実施の形態1における燃料電池発電システムの構成および運転方法によれば、原料ガス流量計19および水蒸気流量計20および燃料ガス流量計21および劣化度検出部22を備えることにより、原料ガス流量および水蒸気流量から予め算出される改質器のメタン転化率と燃料ガス所定流量の関係と、実際に検出された燃料ガス流量とを比較することができ、改質器12のメタン転化率の低下割合から改質器12の劣化度を算出する

ることができる。

【0040】

なお、本実施の形態1の燃料電池発電システムでは、改質器12の劣化度として、より好ましい「メタン転化率」を用いる場合について説明したが、たとえば別の劣化度を用いる方法として、「原料流量と水蒸気流量に対して、予め燃料ガス流量と燃料ガス中の水素濃度の相関を実験的に求め、それらのデータと比較することによって行なうことも可能である。

【0041】

また、本実施の形態1の燃料電池発電システムでは、燃料ガス流量計21を改質器12と一酸化炭素除去器14の間に配置したが、メタン転化率は改質器12の性能で決まるため、一酸化炭素除去器14と燃料電池11との間に配置しても同様である。また、本実施の形態1の燃料電池発電システムでは、「改質反応に必要な水は水蒸気として供給し、その供給水蒸気の流量を水蒸気流量計20で測定する」構成としたが、「改質反応に必要な水蒸気を水（液体）で供給し、その供給水流量を水用流量計で測定する」構成としても同様である。ただし、この場合は、水を蒸発させる蒸発部が水用流量計の下流に必要となる。

【0042】

（実施の形態2）

図2は、本発明の実施の形態2に係る燃料電池発電システムを示す構成図である。ただし、図1と同部材かつ同機能を有するものについては同一符号を付与しており、説明を省略する。なお、図2の点線で示す矢印は、検出した信号の流れを示している。

【0043】

本実施の形態2における燃料電池発電システムでは、図1の燃料ガス流量計21の代わりに、改質器12の燃料ガスが排出される改質器12の下流側流路に差圧計23を備えている。また、本実施の形態2における燃料電池発電システムの動作は、実施の形態1と同様であるので説明を省略する。なお、差圧計23は、本発明の差圧検出手段としての一例である。

【0044】

次に、本実施の形態2における燃料電池発電システムの改質器12の劣化度の検出動作について、図2と図6を用いて説明する。図6は、改質器12の劣化度を検出する際の運転方法を示すフローチャートである。

【0045】

まず、原料ガスの流量を原料ガス流量計19で検出する（ステップS11）。次に、改質用水蒸気の流量を水蒸気流量計20で検出する（ステップS12）。さらに、改質器12により生成される燃料ガスの、改質器12の下流側流路における所定の2点間の圧力の差を差圧計23で測定する（ステップS13）。劣化度検出部22は、これらの各流量検出信号および差圧測定信号を受信し、検出された原料ガス流量と水蒸気流量から改質器12におけるメタン転化率と下流側流路における流体差圧の関係を算出する。そして、劣化度検出部22は、この算出したメタン転化率と下流側流路における流体差圧の関係と、実際に検出された下流側流路における流体差圧の値とを比較する（ステップS14）。これによって得られる改質器12のメタン転化率の低下割合から改質器12の劣化度を算出する（ステップS15）。

【0046】

本実施の形態2の燃料電池発電システムの改質器12における劣化度の算出動作は、メタン転化率変化による流量変化に従い、測定区間の流体圧力損失が変化することを利用している。本実施の形態2で使用した差圧計23は、実施の形態1で用いた燃料ガス流量計21に比べて低コスト化を図ることができるとともに、高温下でも安定して作動し、流体の脈動に対しても正確に測定できるという利点がある。

【0047】

（実施の形態3）

図3は、本発明の実施の形態3に係る燃料電池発電システムを示す構成図である。ただし、図1と同部材かつ同機能を有するものについては同一符号を付与しており、説明を省略する。なお、図3の点線で示す矢印は、検出した信号の流れを示している。また、本実施の形態3における燃料電池発電システムの動作は、実施の形態1と同様であるので説明を省略する。

#### 【0048】

本実施の形態3における燃料電池発電システムでは、図1の燃料ガス流量計21の代わりに、改質器12と一緒に酸化炭素除去器14との間の燃料ガス流路に水蒸気濃度計24を備えている。なお、水蒸気濃度計24は、本発明の水蒸気濃度検出手段としての一例である。

#### 【0049】

次に、本実施の形態3における燃料電池発電システムの改質器12の劣化度の検出動作について、図3と図7を用いて説明する。図7は、改質器12の劣化度を検出する際の運転方法を示すフローチャートである。

#### 【0050】

まず、原料ガスの流量を原料ガス流量計19で検出する（ステップS21）。次に、改質用蒸気の流量を水蒸気流量計20で検出する（ステップS22）。さらに、改質器12により生成される燃料ガス中の水蒸気濃度を水蒸気濃度計24で検出する（ステップS23）。劣化度検出部22は、これらの各流量検出信号および水蒸気濃度信号を受信し、検出された原料ガス流量と水蒸気流量から改質器12におけるメタン転化率と燃料ガス中の水蒸気所定濃度の関係を算出する。そして、劣化度検出部22は、この算出したメタン転化率と燃料ガス中の水蒸気所定濃度の関係と、実際に検出された燃料ガス中の水蒸気濃度とを比較する（ステップS24）。これによって得られる改質器12のメタン転化率の低下割合から改質器12の劣化度を算出する（ステップS25）。

#### 【0051】

本実施の形態3の燃料電池発電システムの改質器12における劣化度の算出動作の原理は次のとおりである。

#### 【0052】

改質器12では、（化1）に示す改質反応によりメタンから水素が生成される。

#### 【0053】

メタン転化率が100%の場合、1NL/minのメタンと2NL/minの水蒸気から、4NL/minの水素と1NL/minの二酸化炭素が生成される。つまり、燃料ガス中の水蒸気濃度は0%となる。

#### 【0054】

また、メタン転化率が50%の場合、1NL/minのメタンと2NL/minの水蒸気から、2NL/minの水素と0.5NL/minの二酸化炭素が生成され、0.5NL/minのメタンと1NL/minの水蒸気が残る。この場合には、燃料ガス中の水蒸気濃度は25%となる。

#### 【0055】

本実施の形態3の改質器12における劣化度の算出動作は、このようにメタン転化率の変化によって、同じ組成のインプット流量に対するアウトプットの燃料ガス中の水蒸気濃度が変化することを利用していている。当然、原料ガスとしての都市ガスには、メタンのほかにエタン、ブタン、プロパン等も含まれるが、メタン以外についても同様のことが言える。また、もちろん、改質器12には水蒸気を（化1）の理論比以上に供給するが、そのことも考慮して算出し比較する。

#### 【0056】

すなわち、本実施の形態2における燃料電池発電システムの構成および運転方法によれば、原料ガス流量計19および水蒸気流量計20および水蒸気濃度計24および劣化度検出部22を備えることにより、原料ガス流量および水蒸気流量から予め算出されるメタン転化率と水蒸気所定濃度の関係と、実際に検出された水蒸気濃度とを比較することができ

、改質器 1 2 のメタン転化率の低下割合から改質器 1 2 の劣化度を算出することができる

【0057】

なお本実施の形態 3 の燃料電池発電システムでは、改質器 1 2 の劣化度として、より好ましい「メタン転化率」を用いる場合について説明をしたが、たとえば別の劣化度を用いる方法として、「原料流量と水蒸気流量に対して、予め燃料ガス中の水蒸気濃度と水素濃度の相関を実験的に求め、それらのデータと比較する」ことによって行なうことも可能である。

【0058】

また、本実施の形態 3 の燃料電池発電システムでは、水蒸気濃度計 2 4 を改質器 1 2 と一酸化炭素除去器 1 4 の間に配置したが、メタン転化率は改質器 1 2 の性能で決まるため、一酸化炭素除去器 1 4 と燃料電池 1 1 との間に配置しても同様である。また、本実施の形態 3 の燃料電池発電システムでは、「改質反応に必要な水は水蒸気として供給し、その供給水蒸気の流量を水蒸気流量計 2 0 で測定する」構成としたが、「改質反応に必要な水蒸気を水（液体）で供給し、その供給水流量を水用流量計で測定する」構成としても同様である。ただし、この場合は、水を蒸発させる蒸発部が水用流量計の下流に必要となる。

【0059】

また、改質器 1 2 で生成される燃料ガスに含まれる水蒸気の濃度を検出する手段として露点計を用いることができる。この場合、水分量を正確に検出できるため有用である。

【0060】

また、改質器 1 2 で生成される燃料ガスに含まれる水蒸気の濃度を検出する手段として相対湿度を測定する湿度計を用いることもできる。この場合、システムを低コスト化できることともコンパクト化もできるため有用である。

【0061】

（実施の形態 4）

図 4 は、本発明の実施の形態 4 に係る燃料電池発電システムを示す構成図である。ただし、図 1 と同部材かつ同機能を有するものについては同一符号を付与しており、説明を省略する。なお、図 4 の点線で示す矢印は、検出した信号または算出した信号の流れを示している。

【0062】

本実施の形態 4 における燃料電池発電システムでは、図 1 に示す実施の形態 1 の燃料電池発電システムの構成に加えて、劣化度検出部 2 2 での劣化度の算出値をもとに改質器 1 2 の取替え時期を判定する寿命診断部 2 5 をさらに備えている。なお、寿命診断部 2 5 は、本発明の寿命診断手段としての一例である。なお、本実施の形態 4 における燃料電池発電システムの動作は、実施の形態 1 と同様であるので説明を省略する。

【0063】

本実施の形態 4 における燃料電池発電システムの改質器 1 2 の取替え時期を判定する寿命診断動作について、図 4 と図 8 を用いて説明する。図 8 は、改質器 1 2 の取替え時期を判定する際の運転方法を示すフローチャートである。図 8 に示すステップ S 1 から S 5 については、図 5 で説明した実施の形態 1 のステップと同様なので説明を省略する。

【0064】

寿命診断部 2 5 は、実施の形態 1 について図 5 で説明したステップ S 5 により劣化度検出部 2 2 が算出したメタン転化率を受け、メタン転化率と発電時間の関係からメタン転化率の低下速度を求める（ステップ S 6）。そして、メタン転化率の低下速度から、燃料電池 1 1 が発電可能なメタン転化率の下限値に至るまでの期間を算出する（ステップ S 7）。そして、改質器 1 2 の取替え時期を判定し寿命診断をする（ステップ S 8）。

【0065】

すなわち、本実施の形態 4 における燃料電池発電システムの構成および運転方法によれば、実施の形態 1 の燃料電池発電システムに加えて寿命診断部 2 5 をさらに備えることにより、メタン転化率と発電時間の関係からメタン転化率の低下速度を求め、改質器 1 2 の

取替え時期を判定し寿命診断をすることができる。

【0066】

なお、本実施の形態4の燃料電池発電システムは、実施の形態1の燃料電池発電システムおよびその運転方法からの発展形として説明したが、他の実施の形態の燃料電池発電システムおよびその運転方法からの発展形としても同様に実施できる。

【0067】

以上説明したことから明らかなように、改質ガス温度を一定温度に制御する本発明の燃料電池発電システムでは、改質器の劣化検出をその場で瞬時に且つ連続的に行い、改質触媒の取替時期を判定することが可能である。

【0068】

なお、本発明のプログラムは、上述した本発明の燃料電池発電システムの、改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段としての全部または一部の機能をコンピュータにより実行させためのプログラムであって、コンピュータと協働して動作するプログラムである。

【0069】

また、本発明の記録媒体は、上述した本発明の燃料電池発電システムの、改質器の劣化度を算出する劣化度検出手段としての全部または一部の機能をコンピュータにより実行させためのプログラムを担持した記録媒体であり、コンピュータにより読み取り可能かつ、読み取られた前記プログラムが前記コンピュータと協働して利用される記録媒体である。

。

【0070】

また、本発明のプログラムの一利用形態は、コンピュータにより読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータと協働して動作する態様であっても良い。

【0071】

また、記録媒体としては、ROM等が含まれ、伝送媒体としては、インターネット等の伝送媒体、光・電波・音波等が含まれる。

【0072】

また、上述した本発明のコンピュータは、CPU等の純然たるハードウェアに限らず、ファームウェアや、OS、更に周辺機器を含むものであっても良い。

【0073】

なお、以上説明した様に、本発明の構成は、ソフトウェア的に実現しても良いし、ハードウェア的に実現しても良い。

【産業上の利用可能性】

【0074】

本発明にかかる燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出方法は、改質ガス温度を一定温度に制御して運転する燃料電池発電システムの改質器の劣化検出を行うことができ、燃料電池発電システムおよびその改質器の劣化度検出方法等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1】実施の形態1における燃料電池発電システムを示す構成図

【図2】実施の形態2における燃料電池発電システムを示す構成図

【図3】実施の形態3における燃料電池発電システムを示す構成図

【図4】実施の形態4における燃料電池発電システムを示す構成図

【図5】実施の形態1における劣化度の検出動作を示すフローチャート

【図6】実施の形態2における劣化度の検出動作を示すフローチャート

【図7】実施の形態3における劣化度の検出動作を示すフローチャート

【図8】実施の形態4における寿命診断動作を示すフローチャート

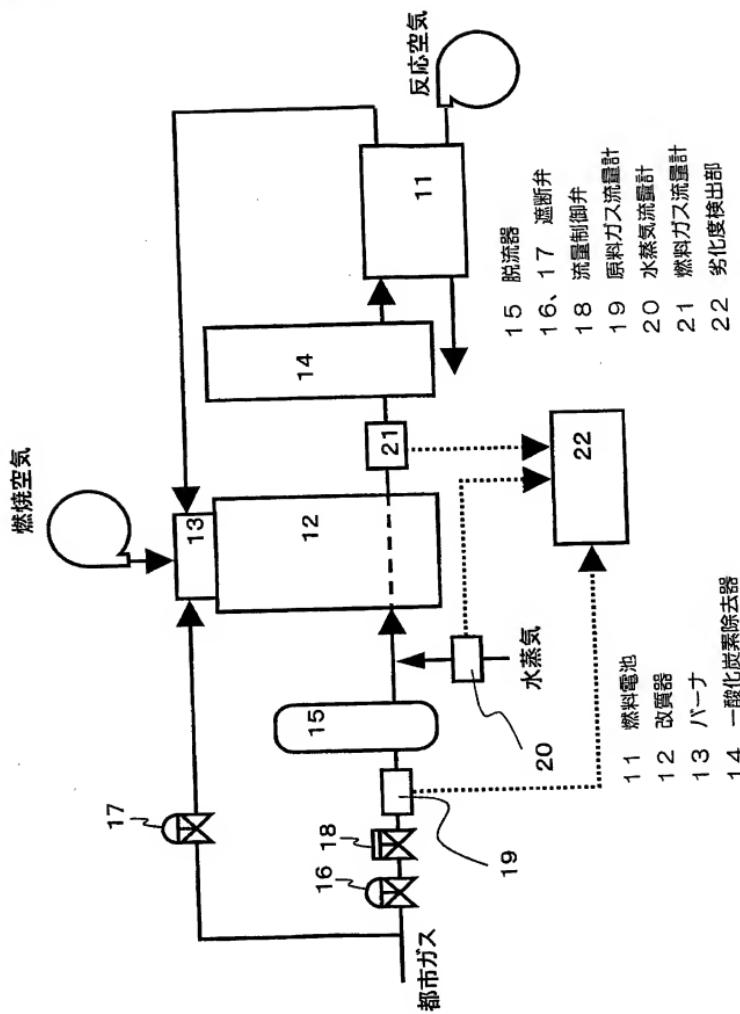
【図9】従来の燃料電池発電システムを示す構成図

【符号の説明】

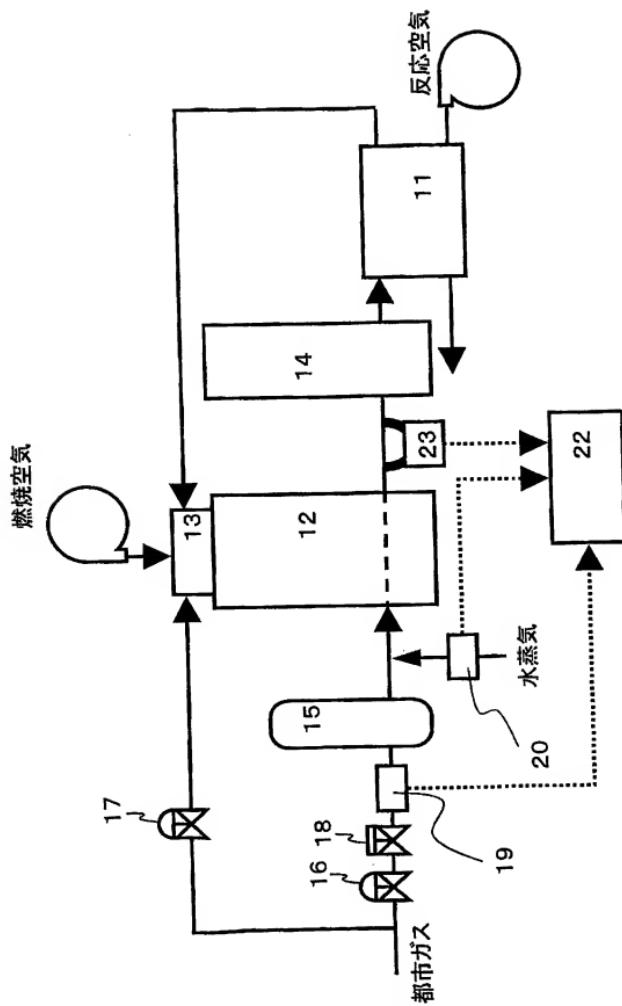
【0076】

1、11 燃料電池

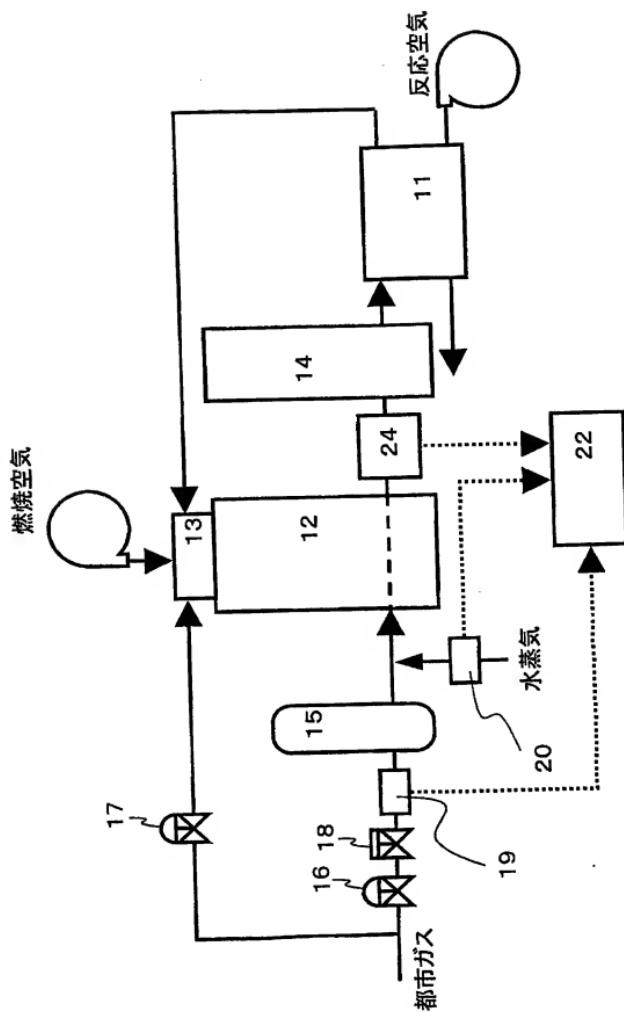
- 2、12 改質器
- 3、13 パーナ
- 4 变成器
- 5、15 脱硫器
- 6、7、16、17 遮断弁
- 8、18 流量制御弁
- 9 温度センサ
- 10 劣化診断部
- 14 一酸化炭素除去器
- 19 原料ガス流量計
- 20 水蒸気流量計
- 21 燃料ガス流量計
- 22 劣化度検出部
- 23 差圧計
- 24 水蒸気濃度計
- 25 寿命診断部

【書類名】図面  
【図1】

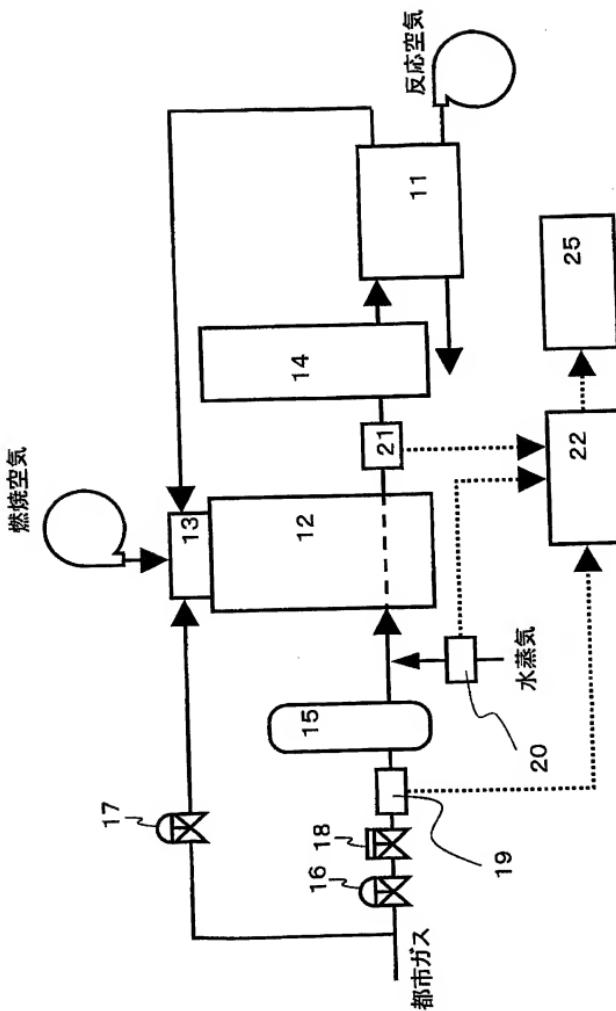
【図2】



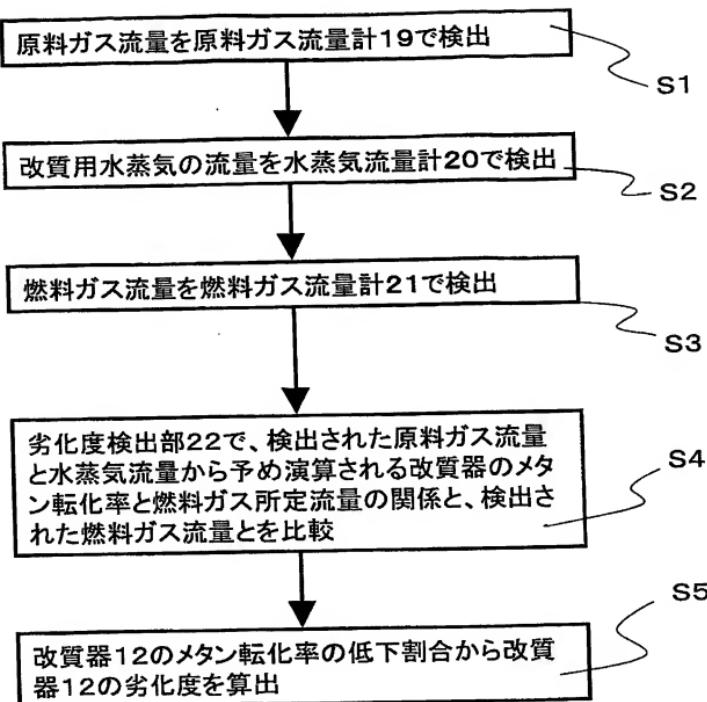
【図3】



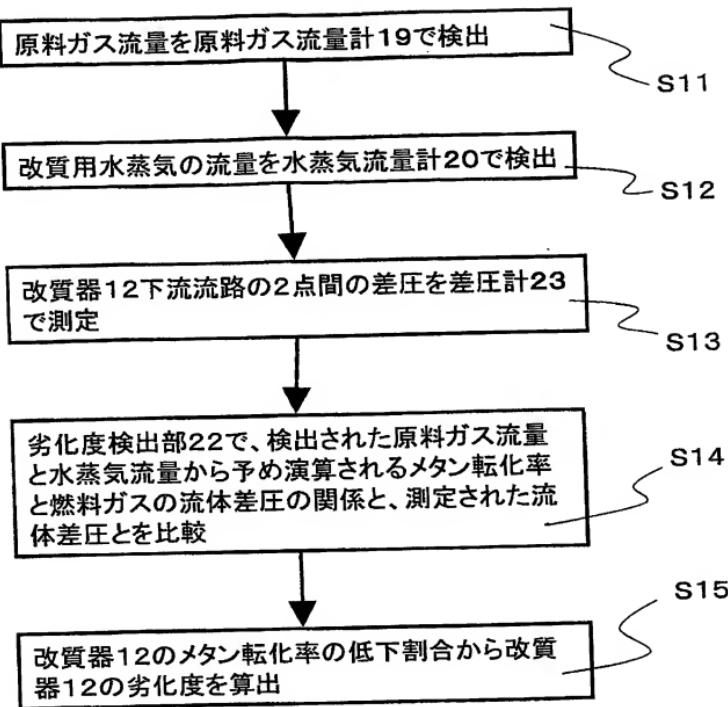
【図 4】



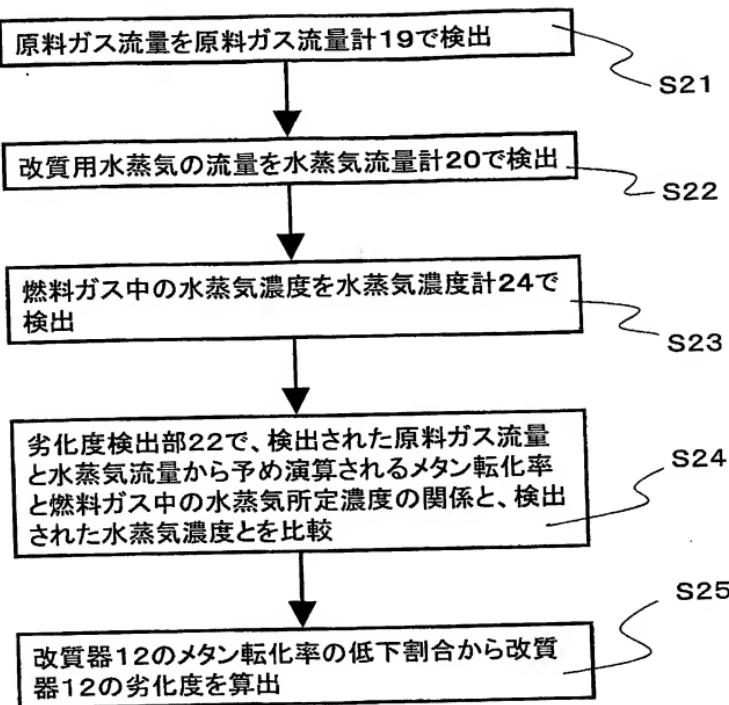
【図5】



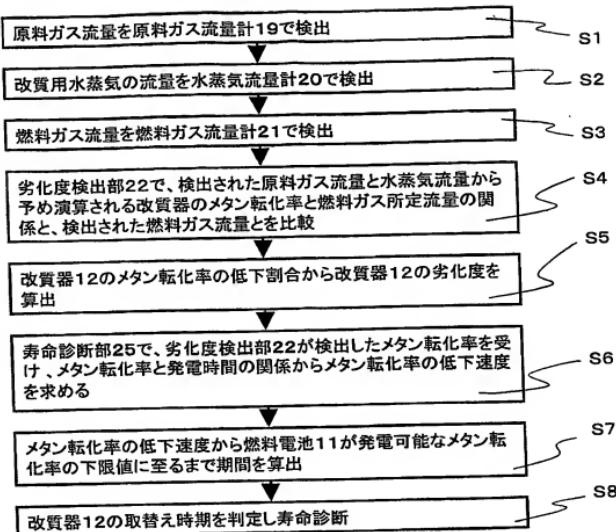
【図6】



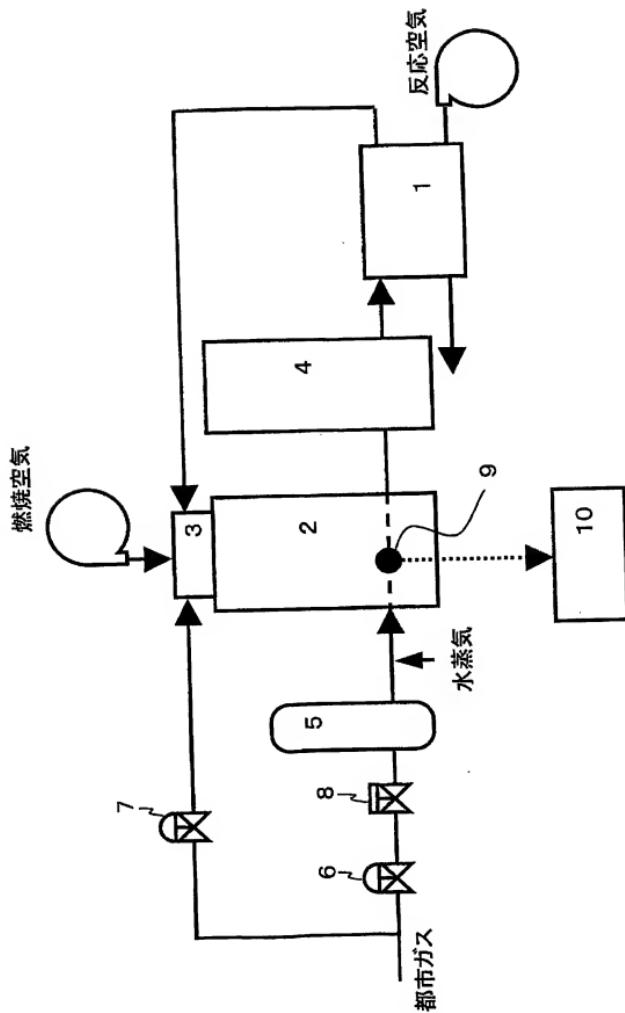
【図7】



【図 8】



【図9】



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】改質ガス温度を一定温度に制御する燃料電池発電システムの劣化検出をその場で瞬時に且つ連続的に行い、改質触媒の取替時期を判定することが可能な燃料電池発電システムおよび、その改質器の劣化度検出方法を提供する。

【解決手段】原料と水蒸気を反応させて水素リッチな燃料ガスを生成する改質器12と、燃料ガスと酸化剤ガスを反応させて発電を行なう燃料電池11と、改質器12に供給される原料の流量を検出する原料流量検出手段19と、改質器12に供給される水蒸気の流量を検出する水蒸気流量検出手段20と、改質器12で生成される燃料ガスの流量を検出する燃料ガス流量検出手段21と、原料の流量および水蒸気の流量から決まる、改質器が劣化していない場合に生成される燃料ガスの流量と、検出された燃料ガスの流量とを比較することにより改質器12の劣化度を算出する劣化度検出手段22とを備えた。

【選択図】図1

特願 2003-295705

出願人履歴情報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

[変更理由]

住所  
氏名

1990年 8月28日

新規登録

大阪府門真市大字門真1006番地  
松下電器産業株式会社